

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA, SOBRE GIRASSOL E MILHO, EM TRÊS DIFERENTES LATOSSOLOS ROXOS¹

CLÓVIS MANUEL BORKERT, GEDI JORGE SFREDO, JOSÉ RENATO BOUÇAS FARIAS²,
CÉSAR DE CASTRO³, CLAUDIO LUIS SPOLADORI e FÁBIO TUTIDA⁴

RESUMO - O girassol e o milho são duas novas opções para rotação de culturas, a serem introduzidas no sistema de sucessão soja-trigo. Entretanto, existem poucas informações da nutrição mineral destas culturas. Com o objetivo de estudar o efeito residual da adubação potássica sobre os teores de K nas folhas e o rendimento de girassol e de milho, foram conduzidos experimentos em três latossolos roxos: distrófico; álico e eutrófico. Esses três solos tiveram a disponibilidade de K trocável diminuída por cultivos de soja e trigo por dez anos. Nos primeiros cinco anos, foram aplicadas as doses de zero, 40, 80, 120, 160 e 200 kg/ha/ano de K₂O, e nos cinco anos seguintes não foi aplicado adubo potássico. Concluiu-se que nos latossolos roxos com menos de 0,12 cmol_c dm⁻³ de K em terra fina seca ao ar (TFSA), a absorção de K fica limitada, ficando o teor de K nas folhas abaixo de 18,8 g kg⁻¹, o que causa a queda de produtividade do girassol. Na cultura do milho, os teores de K nas folhas, menores do que 15,5 g kg⁻¹ de K, diminuem a produção. Para se obter máxima produtividade de milho em latossolos roxos, o K disponível (Mehlich-1) no solo deve ser maior do que 0,15 cmol_c dm⁻³ de TFSA, e o teor de K nas folhas deve ser superior a 15,5 g kg⁻¹ de K.

Termos para indexação: potássio, K nas folhas, *Helianthus annuus*, *Zea mays*.

RESIDUAL EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZATION APPLIED TO SOYBEAN IN THREE DIFFERENT OXISOLS

ABSTRACT - Sunflower and corn are two new crop options to be considered in the soybean-wheat double-cropping system. However, there is little information on mineral nutrition for these two crops. With the objective of studying the residual effect of potassium fertilization applied for soybean, on the K-content of sunflower and corn leaves and their yield, three experiments were run on three Oxisols: Latossolo Roxo distrófico (LRd), Latossolo Roxo álico (LRa) and Latossolo Roxo eutrófico (LRe). All these three soils had the exchangeable-K depleted by soybean-wheat double cropping for ten years. In the first five years they were K-fertilized by zero, 40, 80, 120, 160 and 200 kg/ha/year of K₂O, and in the next five years no K fertilizer was applied. It was concluded that K absorption by plants will be restricted and the leaf content will be less than 18.8 g kg⁻¹ of K. This will restrain sunflower yield in Oxisol soils with less than 0.12 cmol_c dm⁻³. For corn, K-leaf content less than 15.5 g kg⁻¹ of K decreases yield. Thus, in order to obtain maximum corn yield, the available K (Mehlich-1) should be higher than 0.15 cmol_c dm⁻³ and the K-leaf content higher than 15.5 g kg⁻¹.

Index terms: potassium, K-content in leaves, *Helianthus annuus*, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus*) foi uma cultura que experimentou, em décadas passadas, duas tentativas frustradas de introdução no Brasil, principalmente por falta de adaptação das técnicas de manejo e de cultivo, bem como por alguns problemas de comercialização. Após o estudo de novas épocas de semeadura, de melhor adaptação para prevenir a ocorrência de doenças, de novas cultivares e de um pacote tecnológico mais ajustado, esta cultura tem-se

¹ Aceito para publicação em 17 de março de 1997.

Parcialmente financiado pela POTAFOS, mediante contrato de cooperação n° 10200-85/145-B, Embrapa-CNPSO/POTAFOS.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSO), Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. Bolsista do CNPq. E-mail: borkert@cnpso.embrapa.br

³ Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-CNPSO.

⁴ Eng. Agr., Estagiário da Embrapa-CNPSO. Bolsista do CNPq.

mostrado viável para ser incorporada com sucesso na agricultura brasileira.

Castro et al. (1993) descrevem o girassol como uma oleaginosa que tem ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, pois seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo. Graças a essas propriedades, apresenta-se como nova opção para os sistemas de rotação de culturas, podendo entrar no sistema de rotação e sucessão de cultura como mais uma alternativa para as regiões produtoras de grãos.

O girassol é uma planta que absorve uma quantidade muito grande dos principais macronutrientes, em comparação com outras culturas de grãos como a soja, o milho e o trigo. De acordo com Sfredo et al. (1984), o girassol extrai e exporta 40% mais K do que as culturas da soja e do milho. Dados de Robinson (1978) mostram que o girassol requer grandes quantidades de K, contendo teores de 6 g kg^{-1} de K nas sementes e de 15 g kg^{-1} de K na palha dos restos culturais. Blamey et al. (1987) afirmam que não há resposta do girassol à adubação em solos com alto K-disponível (Mehlich-1), e que somente haveria probabilidade de resposta a K em solos com menos do que $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA. Estes autores mencionam que plantas de girassol com teores de 18 g kg^{-1} de K nas primeiras folhas fisiologicamente ativas sofrem uma queda de 50% na produção de matéria verde e que a concentração de $24,9 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas sempre esteve associada com 90% dos rendimentos máximos.

O milho (*Zea mays*) faz parte do pequeno grupo de culturas de alta e rápida liquidez no mercado de grãos no Brasil, e a vantagem de poder ser cultivado em todo o País. Muzilli & Oliveira (1982), em uma série de 14 ensaios com milho, no Paraná, doze dos quais com produções acima de 5 t ha^{-1} , não encontraram respostas a K em solos com valores de K-disponível que variavam de 0,14 a $0,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e não foi possível estabelecer classes de resposta para valores de K na análise de solo. De acordo com a tabela apresentada por Büll (1993), uma lavoura de milho com a produção de $5,9 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos absorve 96 kg de K e exporta, nos grãos, 39 kg do elemento. Assim, lavouras destinadas somente à produção de grãos exportam menos do que lavouras destinadas à silagem, e, em consequência, a próxima lavoura ne-

cessitaria receber mais adubo potássico, quando o cultivo for para silagem.

Os teores de K nas folhas considerados adequados para a cultura do milho situam-se entre $17,5$ e $29,7 \text{ g kg}^{-1}$ de K (Büll, 1993). Portanto, teores menores do que $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas de milho estão associados ao aparecimento de sintomas de deficiência e queda de produtividade.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito residual da adubação potássica sobre os teores de K nas folhas de girassol e de milho e sobre o rendimento destas duas culturas.

MATERIALE MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos na safra 1993/94, nos latossolos: Roxo eutrófico (LR_{e2}), em Londrina; Roxo distrófico (LR_{d2}), em Mauá da Serra, e Roxo álico (LR_{a2}), em Campo Mourão, nas parcelas dos experimentos conduzidos com soja e trigo durante dez anos e descritos em Borkert et al. (1997a, 1997b, 1997c). O delineamento foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Antes da semeadura do girassol, foram coletadas amostras de solo em duas profundidades, para monitorar a fertilidade do solo. A cultivar GR-16 foi semeada, respectivamente, em 16.09.93 em Campo Mourão, em 27.09.93 em Londrina, e em 20.10.93 em Mauá da Serra, onde recebeu uma adubação de 20 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio, e 80 kg/ha de P_2O_5 , como superfosfato triplo. O girassol também recebeu uma adubação de $1,5 \text{ kg/ha}$ de B, além de uma adubação de 20 kg/ha de N como sulfato de amônio em cobertura, 40 dias após a germinação. As plantas daninhas foram controladas por capina manual.

No início do estágio reprodutivo R1 (Schneider & Miller, 1981), foram coletadas 30 folhas por subparcela, as sextas e sétimas folhas contadas do topo para baixo e que são as primeiras folhas maduras e fisiologicamente ativas. A colheita para avaliar o rendimento de grãos de cada parcela foi manual.

Logo após a colheita do girassol foi efetuada nova amostragem de solo, a duas profundidades, para monitorar a fertilidade. No mesmo dia da amostragem de solo foi efetuada a semeadura do milho (*Zea mays*), cultivar BR-201, em 6.1.94 em Campo Mourão, em 11.1.94 em Londrina, e em 9.2.94, em Mauá da Serra. A adubação foi de 40 kg/ha de N, como sulfato de amônio, 100 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, na semeadura, e 45 kg/ha de N, como sulfato de amônio, em cobertura. As plantas da-

ninhas foram controladas por capina manual, e as pragas, por inseticidas específicos.

Foram coletadas 25 folhas por subparcela para análise de tecido, utilizando-se, segundo Trani et al. (1983), os 30 cm do terço basal da folha +4, na qual foi eliminada a nervura central. Foram efetuadas análises de tecido, para Ca, Mg e micronutrientes, em folhas de milho e de girassol, no Laboratório de Análises Químicas de Solo e Tecido Vegetal (LAQSTV), da Embrapa-CNPSO, seguindo-se o método de digestão nitroperclórica e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica. O K foi determinado por fotometria de chama, e o P e N, pelo método espectrofotométrico.

As análises químicas dos solos também foram efetuadas no LAQSTV, e os métodos utilizados estão descritos em Raij et al. (1987). Foram utilizados os extratores: Mehlich-1 para P e K; KCl 1 N para Ca, Mg e Al. A acidez potencial (H+Al) foi determinada potenciometricamente pela solução-tampão SMP, e matéria orgânica, pela oxidação desta no solo, com a mistura dicromato de potássio mais ácido sulfúrico.

Foi efetuada a análise de variância dos dados de rendimento e de teor de K nas folhas, e aplicado o teste de Duncan a 5%, para comparação entre médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises químicas das amostras de solo, coletadas em duas profundidades nos três locais do experimento, demonstram a boa fertilidade dos três latossolos (Tabelas 1 e 2), exceto no tocante ao K (Tabela 3). No Latossolo Roxo distrófico e no Latossolo Roxo álico, o K disponível foi praticamente esgotado, por dez anos de cultivo de soja e trigo. Os solos receberam K, somente nos primeiros cinco anos. Antes da semeadura de girassol, a disponibilidade de K estava menor do que $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de terra fina seca ao ar (TFSA), nas duas profundidades (Tabela 3), ao passo que no Latossolo Roxo eutrófico restaram maiores quantidades de K disponível do efeito residual nas doses 160 e 200 kg/ha/ano de K_2O , aplicadas de 1983 a 1987, mesmo após dez anos de cultivos de soja e trigo (Tabela 3) e sem aplicação de adubo potássico nos últimos cinco anos.

A baixa disponibilidade de K nos LRd e LRa limitou a absorção de K pelo girassol, que no máximo alcançou o teor de $10,9 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas (Fig. 1). De acordo com Blamey et al. (1987) teores de $18,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K limitam em 50% o crescimento

vegetativo, e produtividades máximas do girassol somente são obtidas com teores maiores do que $24,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas maduras e fisiologicamente ativas. Esses autores afirmam que plantas com $5,8 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas apresentam sintomas de deficiência deste elemento. Nestes solos, em quase todas as parcelas dos tratamentos residuais de zero, 40, 80 e 120 kg/ha/ano de K_2O , o teor de K nas folhas estava abaixo deste valor (Fig. 1), e as plantas apresentavam severos sintomas de deficiência de K. Isto limitou a produção do girassol em, no máximo, 297 kg ha^{-1} no LRd e 800 kg ha^{-1} no LRa (Fig. 2), no efeito residual da adubação potássica após cinco anos. Na maioria dos tratamentos, o rendimento foi baixo e insignificante. Esta limitação foi causada pela falta de K, porque os outros elementos minerais estavam com teores, nas folhas, dentro dos limites de suficiência no tocante a girassol, de acordo com Blamey et al. (1987). Mesmo no LRe, foram observados sintomas de deficiência nas plantas, com $7,7 \text{ g kg}^{-1}$ e $11,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas.

No Latossolo Roxo eutrófico (LRe), como ainda havia algum K disponível na camada arável (Tabela 3), em consequência do efeito residual dos tratamentos 120, 160 e 200 kg/ha/ano de K_2O , aplicados de 1983 a 1987 (Borkert et al., 1997a, 1997b, 1997c), a absorção de K foi maior (Fig. 1), ficando nestes tratamentos em $12,8$; $18,8$ e $27,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K e produções de 1.409 ; 2.032 e 1.986 kg ha^{-1} (Fig. 2), respectivamente, o que demonstra que, não havendo falta de um nutriente essencial como o K, o rendimento de girassol pode atingir 2.000 kg ha^{-1} ou mais, podendo ser considerado um bom rendimento em uma lavoura.

As análises de solo coletadas em duas profundidades antes da semeadura do milho denotam as excelentes condições de fertilidade do solo dos três latossolos estudados (Tabela 2), exceto no que tange ao K disponível (Tabela 3). A disponibilidade de K nos LRd e LRa era muito baixa, menor que $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA (Tabela 3). Com tão baixa disponibilidade desse nutriente, nestes dois solos, a absorção pelo milho foi limitada, e somente atingiu teores de, no máximo, $5,4 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas (Fig. 3). Os teores foliares de K considerados adequados para a cultura do milho ficam na faixa de $19,5$ a $29,7 \text{ g kg}^{-1}$ de K (Büll, 1993). Esta baixa disponibilidade de K no solo, que causou baixa absorção de K pelo milho, também causou, na parcela-testemunha,

TABELA 1. Características químicas dos solos coletados, antes da semeadura do girassol, em Mauá da Serra (LRd), Campo Mourão (LRa) e Londrina (LRe), no Paraná. Médias de quatro repetições.

Dose anual ¹ de K ₂ O (kg/ha)	Profundidade de amostragem (cm)	pH CaCl ₂	Cátions trocáveis ²				Al (%)	C ³ (g dm ⁻³)	P ⁴ (mg dm ⁻³)
			Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺			
-----Latossolo Roxo distrófico (LRd)-----									
0	0-20	5,90	0,00	6,35	3,80	3,98	0,00	25,7	11,9
	20-40	5,19	0,05	3,99	2,58	5,69	0,90	23,4	2,5
40	0-20	6,00	0,00	6,32	3,88	3,91	0,00	25,7	12,4
	20-40	5,31	0,00	4,36	2,77	5,16	0,00	23,7	2,8
80	0-20	5,89	0,00	6,05	3,60	4,23	0,00	26,9	10,8
	20-40	5,24	0,03	4,28	2,70	5,60	0,63	24,0	3,5
120	0-20	5,81	0,00	6,21	3,71	4,15	0,00	26,1	11,4
	20-40	5,12	0,06	4,04	2,53	5,56	1,29	24,2	2,5
160	0-20	5,66	0,00	6,17	3,63	4,38	0,00	28,3	10,5
	20-40	5,25	0,01	4,35	2,73	5,40	0,10	24,4	2,8
200	0-20	5,85	0,00	6,18	3,66	4,21	0,00	28,6	11,0
	20-40	5,22	0,02	4,48	2,73	5,62	0,36	24,4	3,1
-----Latossolo Roxo álico (LRa)-----									
0	0-20	6,05	0,00	4,10	2,98	2,45	0,00	20,8	10,9
	20-40	5,24	0,02	2,63	1,97	2,86	0,37	18,7	2,8
40	0-20	5,98	0,00	4,22	2,99	2,53	0,00	21,3	11,0
	20-40	5,10	0,02	2,39	1,86	3,03	0,65	19,1	1,9
80	0-20	6,12	0,00	4,27	3,06	2,37	0,00	21,6	7,5
	20-40	5,17	0,01	2,62	2,00	3,00	0,22	19,7	2,1
120	0-20	6,03	0,00	4,14	3,00	2,44	0,00	20,7	9,9
	20-40	5,02	0,09	2,33	1,81	3,31	2,63	19,4	1,5
160	0-20	6,00	0,00	4,01	2,94	2,42	0,00	21,0	7,8
	20-40	5,11	0,05	2,51	1,97	3,08	1,54	19,6	1,8
200	0-20	6,04	0,00	4,13	2,88	2,41	0,00	21,8	7,8
	20-40	5,02	0,07	2,54	1,96	3,34	1,55	19,7	1,5
-----Latossolo Roxo eutrófico (LRe)-----									
0	0-20	5,78	0,00	6,08	2,88	2,75	0,00	14,0	24,1
	20-40	5,27	0,00	4,90	2,01	2,87	0,00	10,0	12,8
40	0-20	5,64	0,00	5,91	2,73	2,78	0,00	14,2	27,5
	20-40	5,18	0,01	4,79	2,03	3,13	0,11	10,8	9,5
80	0-20	5,70	0,00	5,72	2,78	2,80	0,00	14,5	25,0
	20-40	5,26	0,00	4,68	2,19	2,89	0,00	11,6	10,1
120	0-20	5,60	0,00	5,82	2,60	2,85	0,00	14,2	24,8
	20-40	5,27	0,00	4,84	2,00	2,86	0,00	11,4	12,9
160	0-20	5,81	0,00	6,25	2,92	2,62	0,00	15,2	26,6
	20-40	5,24	0,03	4,72	1,95	2,80	0,52	11,3	10,9
200	0-20	5,63	0,00	5,58	2,69	2,85	0,00	14,1	23,3
	20-40	4,99	0,11	4,01	1,66	2,98	2,10	10,1	7,0

¹ Doses aplicadas antes da semeadura da soja nas safras de 1983/84 a 1987/88.

² Extração de Ca, Mg e Al com cloreto de potássio 1 N.

³ Carbono orgânico, digestão com dicromato de potássio 1 N.

⁴ Extração com Mehlich-1.

TABELA 2. Características químicas dos solos coletados, antes da semeadura do milho, em Mauá da Serra (LRd), Campo Mourão (LRa) e Londrina (LRe), no Paraná. Médias de quatro repetições.

Dose anual ¹ de K ₂ O (kg/ha)	Profundidade de amostragem (cm)	pH CaCl ₂	Cátions trocáveis ²				Al (%)	C ³ (g dm ⁻³)	P ⁴ (mg dm ⁻³)
			Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺			
————— Latossolo Roxo distrófico (LRd) —————									
0	0-20	5,70	0,00	5,62	3,38	3,76	0,00	22,2	13,4
	20-40	5,13	0,01	4,03	2,45	5,02	0,25	20,0	4,0
40	0-20	5,78	0,00	5,48	3,26	3,86	0,00	23,7	13,0
	20-40	4,99	0,02	3,76	2,34	5,26	0,27	18,5	2,9
80	0-20	5,69	0,00	5,67	3,34	4,00	0,00	23,0	12,4
	20-40	5,12	0,01	3,69	2,39	5,06	0,15	19,4	2,8
120	0-20	5,81	0,00	5,51	3,29	3,71	0,00	22,4	10,5
	20-40	5,20	0,00	4,00	2,55	4,56	0,00	20,2	6,7
160	0-20	5,67	0,00	5,62	3,20	4,05	0,00	22,4	11,9
	20-40	5,07	0,01	3,68	2,30	4,97	0,26	21,2	3,1
200	0-20	5,86	0,00	5,69	3,24	3,76	0,00	23,6	11,4
	20-40	4,86	0,02	3,44	2,17	5,20	0,50	19,9	2,6
————— Latossolo Roxo álico (LRa) —————									
0	0-20	5,77	0,02	4,27	2,94	3,39	0,17	17,7	5,8
	20-40	4,62	0,11	1,85	1,38	5,06	3,60	14,2	1,0
40	0-20	5,85	0,00	4,12	2,89	3,38	0,00	17,8	6,9
	20-40	4,51	0,12	1,75	1,36	5,27	4,12	15,1	0,4
80	0-20	5,61	0,00	3,77	2,55	3,86	0,00	18,1	4,8
	20-40	4,54	0,13	1,86	1,40	5,13	4,18	15,1	0,8
120	0-20	5,58	0,00	3,94	2,71	3,83	0,00	18,0	4,8
	20-40	4,72	0,12	2,25	1,72	4,94	3,80	16,1	1,3
160	0-20	5,81	0,00	4,12	2,82	3,25	0,00	17,5	3,9
	20-40	4,67	0,05	2,24	1,70	4,29	1,89	16,5	1,7
200	0-20	5,69	0,00	4,05	2,70	3,67	0,00	17,7	5,3
	20-40	4,81	0,04	2,55	1,92	4,47	1,03	17,1	1,5
————— Latossolo Roxo eutrófico (LRe) —————									
0	0-20	5,47	0,00	3,19	2,79	3,85	0,00	14,2	14,6
	20-40	5,26	0,00	2,34	2,27	3,98	0,00	11,7	8,2
40	0-20	5,38	0,00	2,94	2,63	3,87	0,00	14,8	18,8
	20-40	5,03	0,00	1,97	1,99	4,38	0,00	11,4	8,5
80	0-20	5,37	0,00	2,93	2,66	4,03	0,00	14,7	22,6
	20-40	5,15	0,00	2,22	2,28	4,20	0,00	12,1	9,2
120	0-20	5,29	0,00	2,95	2,49	4,01	0,00	15,0	16,5
	20-40	5,06	0,00	3,24	2,04	4,29	0,00	12,1	7,5
160	0-20	5,48	0,00	3,31	2,72	3,82	0,00	14,8	17,8
	20-40	5,07	0,02	4,05	2,04	4,21	0,25	12,2	8,3
200	0-20	5,26	0,00	2,75	2,51	4,11	0,00	14,7	18,2
	20-40	5,00	0,02	3,21	2,01	4,16	0,21	11,8	6,4

¹ Doses aplicadas antes da semeadura da soja nas safras de 1983/84 a 1987/88.² Extração de Ca, Mg e Al com cloreto de potássio 1 N.³ Carbono orgânico, digestão com dicromato de potássio 1 N.⁴ Extração com Mehlich-1.

TABELA 3. Teores de potássio no solo (Mehlich-1), em duas profundidades de amostragem, antes da semeadura do girassol e do milho no Latossolo Roxo distrófico (LRd) em Mauá da Serra, no Latossolo Roxo álico (LRa) em Campo Mourão e no Latossolo Roxo eutrófico (LRe) em Londrina. Médias de quatro repetições.

Dose anual ¹ de K ₂ O (kg/ha)	Profundidade de amostragem (cm)	K (cmol _c dm ⁻³ de TFSA)		
		LRd	LRa	LRe
-- Amostragem antes da semeadura do girassol --				
0	0-20	0,04b ²	0,02c	0,07c
	20-40	0,02A ³	0,02C	0,05B
40	0-20	0,04b	0,02c	0,08bc
	20-40	0,03A	0,02C	0,05B
80	0-20	0,04b	0,02c	0,06c
	20-40	0,03A	0,02C	0,05B
120	0-20	0,04b	0,02c	0,09b
	20-40	0,03A	0,02C	0,05B
160	0-20	0,05a	0,03b	0,14a
	20-40	0,03A	0,03B	0,07A
200	0-20	0,05a	0,03a	0,05a
	20-40	0,03A	0,05A	0,07A
-- Amostragem antes da semeadura do milho --				
0	0-20	0,04a ²	0,04c	0,09bc
	20-40	0,03A ³	0,03C	0,09B
40	0-20	0,04a	0,04c	0,10ab
	20-40	0,03A	0,03C	0,05B
80	0-20	0,04a	0,05b	0,09c
	20-40	0,03A	0,03C	0,05B
120	0-20	0,04a	0,05b	0,11ab
	20-40	0,03A	0,04B	0,07A
160	0-20	0,04a	0,04c	0,13ab
	20-40	0,03A	0,04B	0,08A
200	0-20	0,04a	0,06a	0,14a
	20-40	0,03A	0,05A	0,08A

¹ Doses aplicadas antes da semeadura de soja durante as safras de 1983/84 a 1987/88; de 1988/89 a 1992/93, foram cultivados soja e trigo no efeito residual; em 1993, girassol; em 1993/94, milho.

² Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, dentro de colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

³ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, dentro de colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

a limitação do rendimento em 148 kg ha⁻¹ de grãos (Fig. 4), e no tratamento de efeito residual de 200 kg/ha/ano de K₂O, após cinco anos de efeito residual, o rendimento de 1.471 kg ha⁻¹ (Fig. 4), no Latossolo Roxo álico em Campo Mourão. Todas as plantas apresentavam sintomas típicos de deficiência de K em milho: mau crescimento, plantas anãs, colmos finos, raízes superficiais com acamamento de plantas, e folhas com necrose nas bordas, que avançam para o interior. Os outros nutrientes estavam com teores considerados adequados de acordo com Büll (1993).

No Latossolo Roxo distrófico, em Mauá da Serra, a deficiência de K foi tão severa, que, além de as plantas não conseguirem se desenvolver, não houve formação de nenhuma espiga, e a produção foi zero em todos os tratamentos do experimento. Devido ao mau crescimento das plantas por causa da deficiência de K, principalmente, outros nutrientes estavam com teores abaixo dos considerados adequados para o milho, destacando-se o N.

No Latossolo Roxo eutrófico, mesmo após cinco anos de cultivo de soja em que não houve aplicação de adubo potássico e um cultivo de girassol antes do milho, havia, ainda, nos tratamentos de 120, 160 e 200 kg/ha/ano de K₂O, teores no solo de 0,11; 0,13 e

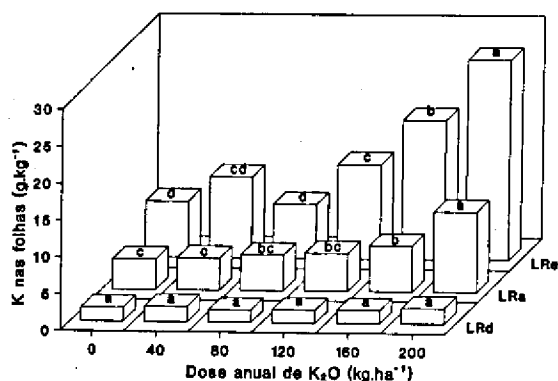


FIG. 1. Efeito residual da adubação potássica no teor de potássio nas folhas de girassol, cultivado em 1993, em três Latossolos Roxo (Latossolo Roxo distrófico-LRd, Latossolo Roxo álico-LRa e Latossolo Roxo eutrófico-LRe). O potássio foi aplicado anualmente, de 1983 a 1987, e também houve o cultivo de soja e trigo no efeito residual de 1988 a 1992. Letras diferentes sobre as barras relativas a um mesmo solo indicam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

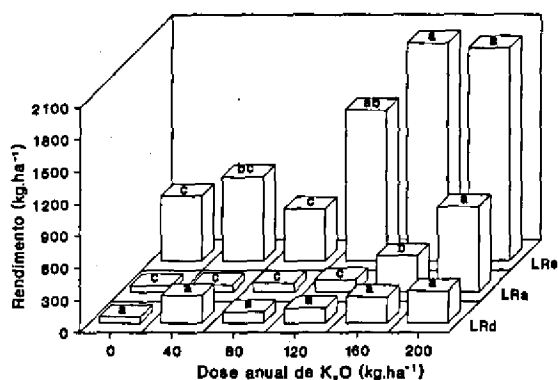


FIG. 2. Efeito residual da adubação potássica sobre o rendimento de grãos do girassol, cultivado em 1993, em três Latossolos Roxos (Latossoilo Roxo distrófico-LRd, Latossoilo Roxo álico-LRa e Latossoilo Roxo eutrófico-LRe). O potássio foi aplicado anualmente, de 1983 a 1987, e também houve o cultivo de soja e trigo no efeito residual de 1988 a 1992. Letras diferentes sobre as barras relativas a um mesmo solo indicam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

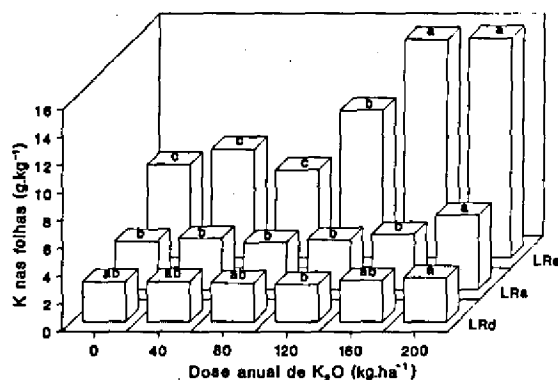


FIG. 3. Efeito residual da adubação potássica no teor de potássio nas folhas de milho, cultivado em 1994, em três Latossolos Roxos (Latossoilo Roxo distrófico-LRd, Latossoilo Roxo álico-LRa e Latossoilo eutrófico-LRe). O potássio foi aplicado anualmente, de 1983 a 1987, e também houve o cultivo de soja e trigo no efeito residual de 1988 a 1992. Letras diferentes sobre as barras relativas a um mesmo solo indicam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

0,14 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de TFSA (Tabela 3), respectivamente, o que proporcionou teores de 10,6, 15,7 e 15,8 g kg^{-1} de K nas folhas de milho (Fig. 3), e rendimento de grãos de 1.832, 2.678 e

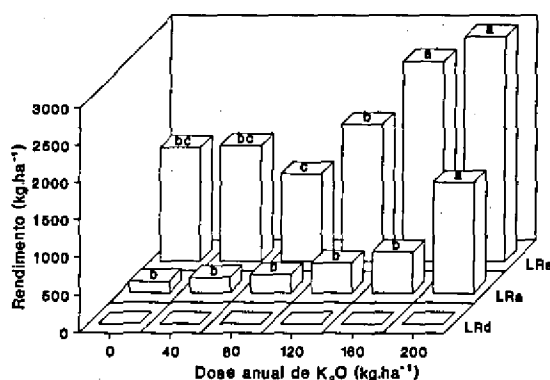


FIG. 4. Efeito residual da adubação potássica sobre o rendimento de grãos do milho, cultivado em 1994, em três Latossolos Roxos (Latossoilo Roxo distrófico-LRd, Latossoilo Roxo álico-LRa e Latossoilo Roxo eutrófico-LRe). O potássio foi aplicado anualmente, de 1983 a 1987, e também houve o cultivo de soja e trigo no efeito residual de 1988 a 1992. No LRd não houve formação de espigas, e a produção de todas as parcelas foi zero. Letras diferentes sobre as barras relativas a um mesmo solo, indicam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

3.000 kg ha^{-1} (Fig. 4), respectivamente, rendimentos estes que, com certeza, foram limitados pela fome oculta de K em um solo com possibilidades de produção de 10 a 15 t ha^{-1} de milho, como os observados por Muzilli & Oliveira (1982).

Na testemunha e nos tratamentos 40 e 80 kg/ha/ano de K_2O , após cinco anos de efeito residual sem aplicação de K, mesmo no Latossoilo Roxo eutrófico de alta fertilidade, este nutriente foi esgotado para níveis muito baixos (Tabela 3), e, como consequência, limitou a absorção, mantendo baixos os teores nas folhas, entre 6,7 e 7,8 g kg^{-1} de K (Fig. 3), de maneira tal que as plantas apresentaram sintomas típicos de deficiência de K, e a produção não ultrapassou 1.549 kg ha^{-1} (Fig. 4), mesmo com teores dos outros nutrientes essenciais nas folhas de milho, considerados adequados para altas produtividades (Büll, 1993).

CONCLUSÕES

1. Os latossolos roxos com menos do que 0,12 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K mantêm baixa a absorção de K,

assim como o teor de K nas folhas, e limitam os rendimentos de girassol e milho.

2. Teores de K nas folhas abaixo de 18,8 g kg⁻¹ causam queda no rendimento do girassol.

3. Teores de K nas folhas menores que 15,5 g kg⁻¹ diminuem o rendimento do milho.

4. Para obter máximos rendimentos de milho, a disponibilidade de K (Mehlich-1) no solo deve ser maior do que 0,15 cmol_c dm⁻³ de TFSA, e o teor de K nas folhas deve ser superior a 15,5 g kg⁻¹.

5. Há efeito residual de K, tanto no que tange ao girassol como ao milho, em Londrina e Campo Mourão, porém com produções bem abaixo do normal (2 t ha⁻¹ de girassol e 4 t ha⁻¹ de milho).

REFERÊNCIAS

- BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. *Nutritional disorders of sunflower*. Brisbane: Univ. of Queensland, 1987. 72p.
- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo álico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.11, p.1119-1129, nov. 1997a.
- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo distrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.12, p.1235-1249, dez. 1997b.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; FARIAS, J.R.B.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo eutrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.10, p.1009-1022, out. 1997c.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO E DO SORGO, 1990, Vitória. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. *Cultura do girassol, tecnologia de produção*. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1993. 16p. (Embrapa-CNPSO. Documentos, 67).
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. Nutrição e adubação. In: IAPAR. *O milho no Paraná*. Londrina, 1982. (IAPAR. Circular técnica, 29).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fund. Cargill, 1987. 170p.
- ROBINSON, R.G. Production and culture. In: CARTER, J.F. *Sunflower science and technology*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1978. p.89-143. (Agronomy, 19).
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, Madison, v.21, n.6, p.901-905, 1981.
- SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; SARRUGE, J.R. *Girassol: nutrição mineral e adubação*. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1984. 36p. (Embrapa-CNPSO. Circular técnica, 8).
- TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. *Análise foliar: amostragem e interpretação*. Campinas: Fund. Cargill, 1983. 18p.